お客様のための技術情報誌

No.6

ESPEC Technical Report 1996 Summer

ESPEC 技術情報

◆特集…湿度計測

CONTENTS

■技術レポート1

○湿度計測に関する規格と
トレーサビリティーの最近の動向（その2） 1

■技術レポート2

○切り花の鮮度保持システム 8

■トピックス

○サーモレコーダーの活用事例ご紹介 12

タバイ エスペック株式会社

技術レポート 1

湿度計測に関する規格とトレーサビリティーの最近の動向（その2）

稲松　照子*

湿度計測に係わる技術情報として、前号では最近、制定・改訂された規格について解説したが、今回は新計量法に伴うトレーサビリティーへの動きについて述べる。

《前号目次》

1.　新しい規格について
1-1 JIS Z 8806^{-1995}「湿度－測定方法」
1-2 JIS B 7920^{-1994}「湿度計－性能試験方法」

《本号目次》

2.　トレーサビリティーへの動き
2-1 日本の湿度標準の現状
2-2 日本のトレーサビリティー体系
2-3 外国における動き

2.　トレーサビリティーへの動き

ISO 9000シリーズの品質保証制度の普及などに伴って、湿度でも標準供給に対する要望が高まっており、それに応えるために、計量法の標準供給機関認定制度に従った湿度の標準供給が進められている。

国際的には、ヨーロッパではすでに認定制度を採用している国もあり、1994年にイタリアで国際度量衡委員会の湿度臨時作業部会において国際比較の提案がなされ、アジア太平洋計量計画の下での国際比較も検討されている。

2-1 日本の湿度標準の現状

2-1-1 歴史的推移

わが国における湿度に関する研究は、初めは気象の分野で行われていたが、1960年代になって工業技術の進歩と共に産業の分野でも取り上げられ、計測の高精度化と環境管理の要請から、計量研究所において湿度標準に関する研究が始まった。その時には、すでに、NBS（アメリカ国立標準局、現NIST）においては、秤量法による湿度の絶対測定装置をNBS Standard　Hygrometer[1)]として備え、湿度標準として世界最高の水準にあった。

その後、計量研究所でも研究を重ね、原理的には同じであるが、自動化された秤量法の装置を試作して基礎標準とし、供給のために二圧力・二温度法による恒湿発生装置を加えた。現在では、人間が生活する環境条件の湿度標準において世界的な水準に達している。

2-1-2 湿度標準の流れ

湿度は空気中の水蒸気の割合と定義されるので、水蒸気の含有率がわかった空気が標準になるが、標準になるほど水蒸気の含有率を正確に決定し、維持していくのはむずかしい。含有される水蒸気量を質量として測定し、それを分離した後の空気の量を体積または質量として測定する秤量法は、基本単位へトレーサブルであるから、基礎標準とされる。これを基に、現在は図１のような湿度標準の流れを考え、供給を行っている。

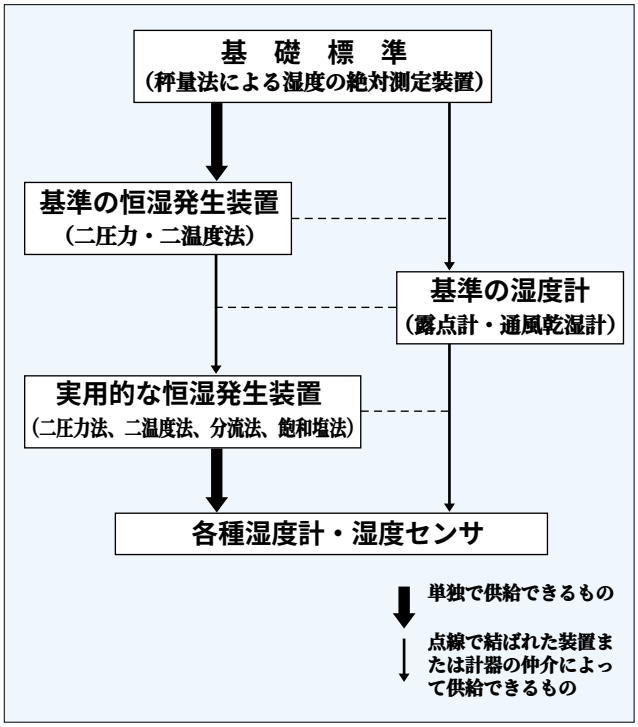

図１　湿度標準の流れ

＊日本計量協会　調査役、元計量研究所　主任研究官、工学博士

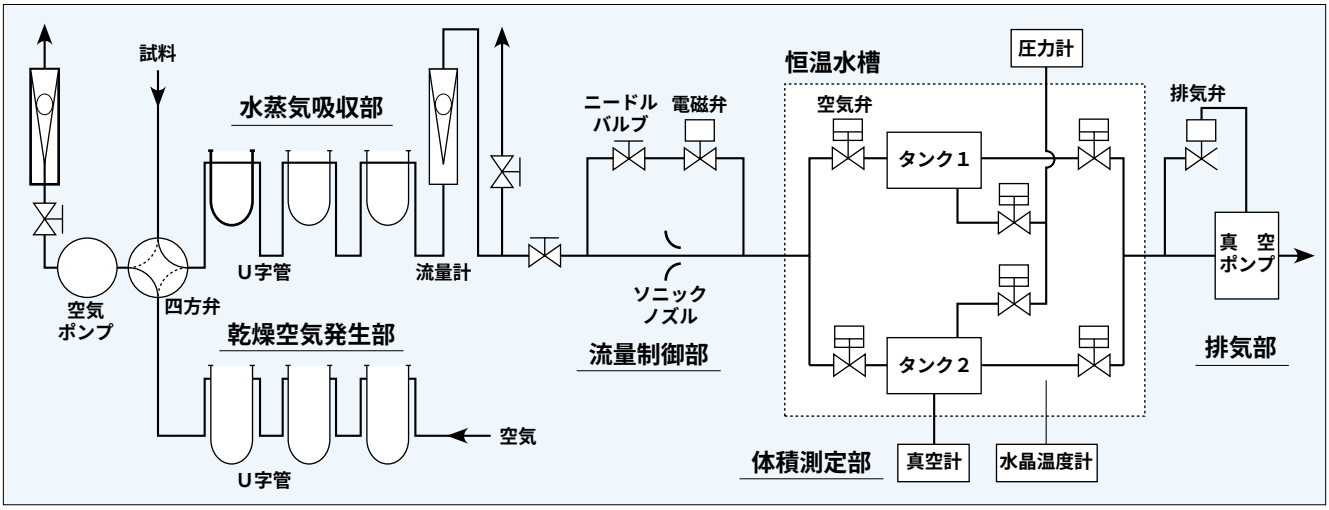

図２　秤量法による湿度の絶対測定装置

2-1-3 基礎標準の不確かさの要因と評価

図２は計量研究所で試作した秤量法による装置[2] の構成図である。乾燥空気発生部は試料導入開始前に経路内の水分を除去し、また、停止後に、水蒸気吸収部以前に残っている試料をU字管へ流し込むために用いられる。

水蒸気吸収部のU字管3個の中で1番目のU字管では試料中の水蒸気の大部分を吸収するので、吸湿剤として入れ替えの容易な過塩素酸マグネシウムを、吸収を完全に行うために用いる。2、3番目のU字管には吸湿能力のより良い五酸化リンを詰める。ソニックノズルを使用することにより、試料の流れを一定に保つことができる。

U字管を装置にセットする前に、各U字管の質量を精密天秤で測定し、試料気体を通した後ふたたび秤量することによって、それらの差から水蒸気の質量が求められる。一方、前もって容積を精密に測定してあるタンク2個に、U字管を通過した試料を交互に導入し、乾燥空気の体積を測定する。

その質量は状態方程式から導かれる(1)式によって、各タンクの容積と試料導入ごとに測定したタンク内の温度と圧力から求める。

$$m_a = \frac{M_a P V}{Z R T} \qquad (1)$$

m_a：乾燥空気の質量（kg）
M_a：空気の平均モル質量（28.9645×10^{-3} kg・mol^{-1}）
P：乾燥空気の圧力（Pa）
V：乾燥空気の体積（m^3）
T：乾燥空気の温度（K）
Z：乾燥空気の圧縮係数（常温・常圧では0.99960±0.00010）
R：気体定数（8.314510±0.000070 J・K^{-1}・ mol^{-1}）

秤量された水蒸気の質量を m_w とすれば、試料気体の混合比は $r = m_w/m_a$ で与えられる。

この装置によって測定される湿度の総合精度は、試料をU字管に吸収した水分の質量を天秤によって測定する場合と、水分を除いた空気の体積を定積タンクで測定し質量に換算する場合とに分けて考え、相対精度として数値の小さい方から列記すると表２のようになる。

以上を考慮して、代数和方式の不確かさとして1×10^{-3}と評価される。

表２　秤量法による湿度測定装置の不確かさの評価

吸収水分の質量測定の場合	
① 吸湿剤による吸収が完全でないための誤差	1.5×10^{-5}
② 吸湿剤の生成物の違い	7×10^{-5}
③ 分銅の校正の誤差	1×10^{-4}
④ 秤量時の誤差	2×10^{-4}
⑤ 大気密度の変動の補正	3×10^{-4}
乾燥空気の質量測定の場合	
① 温度の測定	6×10^{-5}
② タンクの容積の測定	1×10^{-4}
③ 空気密度決定のための式における誤差	1×10^{-4}
④ 圧力の測定	2×10^{-4}

2-1-4 基準の発生装置の不確かさの要因と評価

恒湿発生装置には、表３に示すように種々の方法が用いられる。

表３　恒湿の発生方法

原　　理	測定量または水溶液の種類	名　　称
1）水蒸気飽和気体の状態を変える（熱力学的方法）	圧　力	二圧力法 圧縮・膨張法
	温　度	二温度法 霜点法
	圧力および温度	二圧力・二温度法
2）水蒸気飽和気体と乾燥気体を混合する	体積または流量	分流法 混合法 流量比混合法
3）水溶液の定点を利用する	無機塩類の飽和水溶液	飽和塩法
	硫酸水溶液	硫酸法
	グリセリン水溶液	グリセリン法

恒湿発生装置によって発生させる恒湿空気の湿度値の不確かさには、すべて気温と気圧の不確かさが関係してくる。その中で気圧の変動は、台風などの気圧の急激な変化が起こるとき以外は、他の要因よりも大きな影響を与えることはないので、通常、後述の二圧力法による発生装置を除いて、気圧を刻々測定して補正をすることはしない。しかし、気温は影

響が大きいので、恒温槽を使用することが多い。簡便な方法である表3の3）の塩類の飽和水溶液を利用するものでも、急激な温度変化がないように注意している。利用できる塩類として、指示する相対湿度が、温度によってあまり変化しない塩が選ばれている。その理由は、外気温度が急激に変化すると、調湿空間と飽和水溶液とに温度差ができて、空間内の相対湿度に変化が起こるからである。

表3の2）の方法は、水蒸気で飽和された空気と乾燥空気との割合を決めるために、空気の流量または体積の測定をしなければならない。これも温度による不確かさは大きいので、温度を測定して補正するよりも、一定温度に保つために恒温槽に入れることが多い。

環境による不確かさ以外に、流量や体積の測定は、表3の1）の方法に用いられる圧力や温度の測定よりも精度が悪いので、現在のところ、1）の方法が基準の発生装置に採用されている。二圧力法だけでは加圧の限度によって範囲が限られるので、飽和槽と試験槽との温度を変えることによって範囲を広げている。また、二温度法においては空気の流れを必要とするので、飽和槽と試験槽との圧力には差がある。従って、二圧力法と二温度法は、それぞれ温度と圧力の測定を必要とすることから、厳密には二圧力・二温度法といった方がよい。

実用標準として用いられている恒湿発生装置の不確かさの評価は、環境の不安定さや温度・圧力の測定の不確かさ以外に、実現の不確かさがあり、装置の構成や構造、1）や 2）の場合の水蒸気の飽和のさせ方、3）の場合の飽和水溶液の作り方や状態などの要因が多く、かつ、一概に評価ができないということがあって、ここに数値で示すことはできない。

温度 t_s で、圧力 P_s に加圧された状態において水蒸気で飽和された空気を作り、それよりも高い温度 t_t で、大気圧 P_t へ開放された試験槽へ導くと、試験槽内での水蒸気圧は、ボイルの法則によって、温度 t_s での飽和水蒸気圧 $e(t_s)$ へ両圧力の比を掛けたもの、すなわち $e(t_s) \times (P_t/P_s)$ となる。したがって、試験槽内の相対湿度Uは（2）式で示されるように、試験槽内での水蒸気圧と、その温度 t_t での飽和水蒸気圧 $e(t_t)$ との比の百分率となる。

$$U = \frac{e(t_s)}{e(t_t)} \times \frac{P_t}{P_s} \times 100 \qquad (2)$$

以上の式は理想気体と仮定した場合に成り立つもので、実在の気体の場合には水蒸気以外の気体の存在によって飽和蒸気圧は増加する。そこで補正項 f を考えて（2）式の飽和水蒸気圧に対して補正を行い、（3）式のようにする。

$$U = \frac{f(P_s,t_s) \cdot e(t_s)}{f(P_t,t_t) \cdot e(t_t)} \times \frac{P_t}{P_s} \times 100 \qquad (3)$$

補正項 f に関してはGoff-Gratch の式[3] があり、その式の中の係数にGreenspan が求めたもの[4] を用いて f の計算をすると、温度20℃においては、圧力 100kPa に対して1.0040、1MPa に対して 1.0308 となり、相対湿度で 1% より良い精度を必要とする場合に無視することはできない。

計量研究所で試作した二圧力・二温度法による恒湿発生装置[5] の構成図を図３に示す。

この装置を用いて発生させる恒湿空気の湿度値の不確かさの要因として、発生の流れから湿度値を求めるまでを考えると、

① 水蒸気による飽和の度合
② 圧力測定の精度
③ 温度測定の精度
④ 湿度値を計算する式の不確かさ

となる。

①を判定して数値で表す方法はないので、加湿槽の温度を飽和槽の温度よりも高めにして過飽和の状態から飽和槽へ入

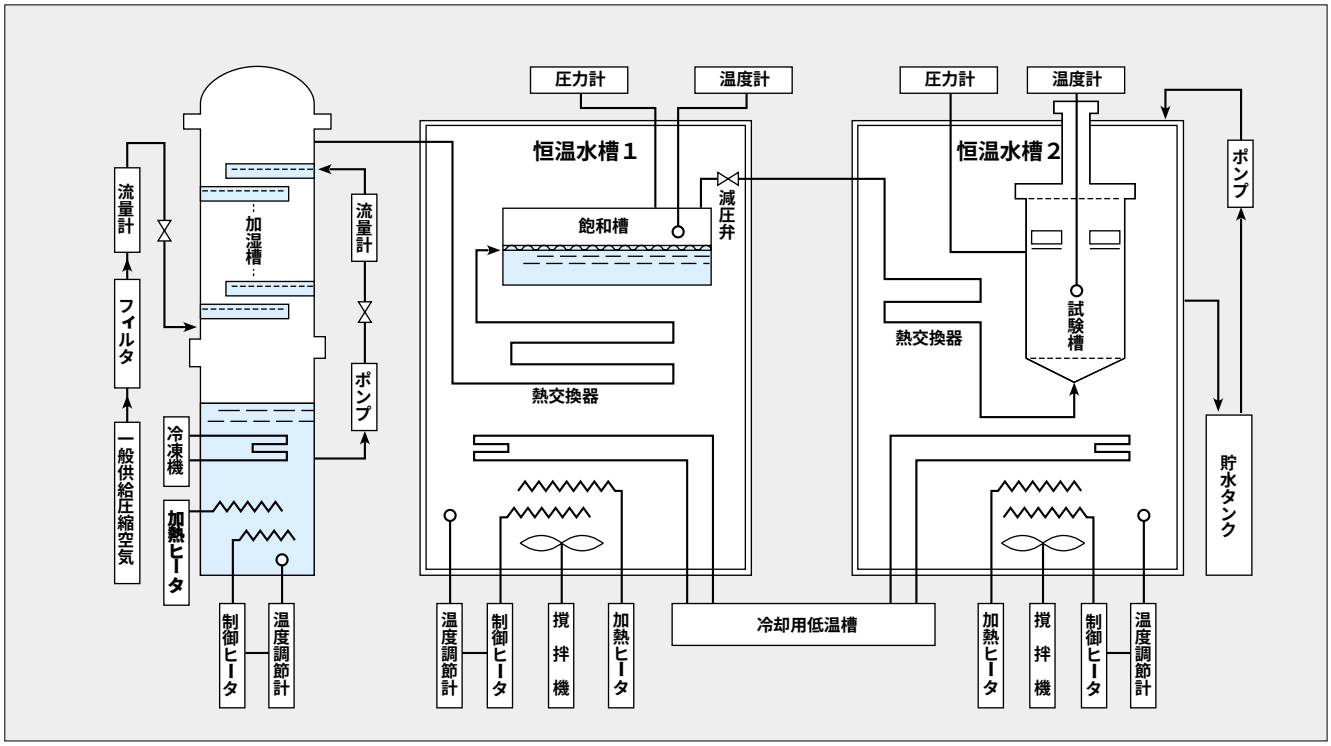

図３　二圧力・二温度法による恒湿発生装置

れることで、常に飽和槽のオーバーフローから水分が流出するのを確かめ、飽和を確認するだけである。圧力測定には溶融石英ブルドン管式圧力計を用い、重錘型圧力計によって相対精度10^{-4}まで校正されているので、これは②に対応する。

温度測定には、校正精度が 5mKの水晶温度計を使用しており、氷点による零点の移動の監視を行っていて、③に対応する。④は(3)式で補正項 f を用いれば、不確かさは10^{-3}より少ないと考えられる。

一方、装置の性能試験の結果から、恒温水槽の温度分布は10mK、試験槽内の温度の安定性は数ｍKである。試験槽内の湿度分布及び安定性の測定に使用した市販の湿度センサは、指示の絶対値の正確さは別にして、湿度変化に対する感度はよいので、記録紙からの推定により変動の不確かさとして10^{-3}程度とされる。

以上のような統計的には処理できない不確かさの評価によって、装置の性能試験の結果から発生湿度の精密さが±0.1%ＲＨ以内、圧力及び温度の測定精度と計算式の信頼性から、正確さが±0.1%RH以内と推定され、それらの代数和を採って、総合精度は±0.2%RH以内と考えられる。

また、この発生装置の恒温槽を 20.00±0.01℃に調節して、相対湿度 10%から99.8%までの間の10～20%ごとに発生させた標準空気の湿度値を、秤量法による湿度の絶対測定装置を用いて、3～5回の反復又は繰返し測定によって求めた。秤量法による測定値が必ずしも真の値ではないが、それを真の値としたばらつきを統計的な方法(Type A)で求めると、±0.1%RH となる。秤量法による湿度の絶対測定装置自身の不確かさは、前述の第3項で1×10^{-3}と評価したので、これをType Bと考えると、合成標準不確かさ u_c として、二乗和の平方根をとり、u_c=0.14となる。拡張不確かさU は、包含係数 k=2とすれば、U＝0.28となる[6]。

わが国における湿度のトレーサビリティー体系としては、二圧力・二温度法による恒湿発生装置を特定標準器とする方向に動いているので、装置の不確かさの分析はもう一度見直す必要がある。今後、ISO 国際文書に従った不確かさの表現に適合した評価を、新たに行うことを予定している。

2-1-5 基準の湿度計の不確かさの要因

露点計は湿度の単位の１つである露点(℃)を直接測定することができるので、基準の湿度計と考えられ、通風乾湿計は気象の分野での基準の湿度計として使われている。

(1) 露点計

気体の飽和水蒸気圧は温度の関数であり、気体の温度が下がると減少するので、湿度を測定したい気体の水蒸気圧が飽和水蒸気圧になるまで、その気体の温度を下げていき、水蒸気をこれ以上含むことができなくなって露を結ぶ時の温度を測定するのが露点計である。この原理を利用した計器の起源は古く、水を入れた容器の中に温度計を差し込んで、氷を入れて水温を下げ、容器の外側に露が付くときの温度を読むような単純なものであった。

近年になって電子冷却によって結露面の温度を下げ、結露の判定に光電管や水晶振動子などを用いるようになって、温度制御や測定が自動化され、取り扱いが便利になったが、自動連続測定による弊害も生じた。それらを含めて次のような問題点がある。

① 結露面の状態の時間的変化、および計器のドリフト
② 計器の経路内壁における水蒸気の吸脱湿、特に低湿度の場合に脱湿に要する時間
③ 平衡時の温度制御の幅、結露量の幅、および真の露点との関係
④ 露点と霜点とが共存する範囲
⑤ 低湿度の場合、外気温度または試料温度の影響
⑥ 試料気体の流れのための圧力差

したがって露点計を基準の湿度計とする場合、特に低湿度領域では時間をかけて経路内壁の脱湿を行い、予備冷却をして温度差による影響を少なくしたり、飽和に近い領域では経路内の状態の平衡に時間をかけるといった注意が必要である。

(2) 通風乾湿計

水の蒸発の程度が、周囲の気体に含まれる水蒸気の量によって違うことを利用する計器であるから、狭い空間では水の蒸発による湿度上昇の誤差があり、絶対測定ではなく、乾・湿(球)温度から実験式を介して湿度に換算しなければならないなどの欠点があるものの、いまだに通常の環境条件では最も精度の良い湿度計の1つであり、気象の分野ではずっと基準の湿度計として使われている。しかし、湿(球)部を包むガーゼの巻き方、ガーゼの汚れ、使用する水の純度、温度を読みとるときの観測者の体温の影響などの取り扱い上の注意(JIS Z 8806 湿度－測定方法 参照)を守らなければ、精度の良い測定はできないことを強調する必要がある。

実験式を乾湿計公式といい、従来から Sprung の式と称する次式が使われている。

$$e = e' - AP(t - t')$$

ここで、t は乾(球)温度、t ’は湿(球)温度、ｅは求める水蒸気圧、ｅ’は温度ｔ’における飽和水蒸気圧、Pは気圧である。上記のJIS では、係数Aは湿(球)部が氷結していないときは、$6.62\times10^{-4}\,K^{-1}$としている。

この計器の問題点は、前述の取り扱い上の注意が必要なことに加えて、乾湿計公式や係数Ａがいまだに確定していないことにもある。

NML(オーストラリア国立計測研究所)のWylieは、湿(球)部が氷結していないときは$6.2\times10^{-4}\,K^{-1}$を提案し[7]、ISO では計器の形体によって湿(球)部が氷結していないときは6.5～$6.9\times10^{-4}\,K^{-1}$の範囲から選べる記述[8]をしており、校正によって係数Ａを決めて使用する勧告草案などがあって一貫していない。

2-2 日本のトレーサビリティー体系

2-2-1 経　緯

湿度計は昔から気象観測のために使われており、気象測器としてのトレーサビリティーは気象測器検定規則に従って、以前から行われているが、産業用計測器として重要視されたのは遅く、図４(次ページ)に示すようなトレーサビリティー体系が整ったのは比較的新しい。気象測器の検定は気象業務法に基づいて行われ、気象用に限られている。

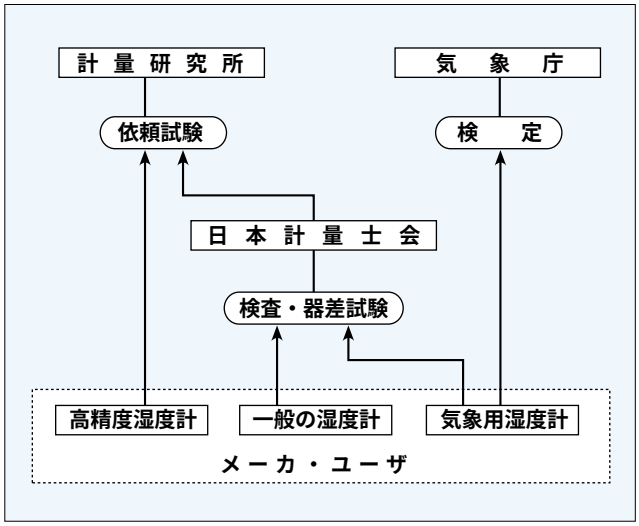

図4　湿度計のトレーサビリティー体系

依頼試験というのは、「工業技術院依頼試験、分析、および設備の使用規則」に基づいて、計量研究所が器差試験を行い、試験成績書を交付する制度である。この規則によると、湿度計は測定精度が1%、またはそれよりも良いものを扱うとなっているので、図の中で高精度湿度計としている。その他に社団法人日本計量士会が、二圧力・二温度法による恒湿発生装置を使用し、計量研究所との湿度値の相互確認の下に、各種湿度計の校正業務を行っている。この体系は、後で述べるようにわが国における湿度のトレーサビリティー制度が確立されれば、当然変わってくるものである。

計量法の改正やISO 9000シリーズに伴って発生した湿度のトレーサビリティー制度の問題は、とりあえず湿度計測研究懇談会で議論された。これはOIML（国際法定計量機関）で取り上げられている勧告案をはじめ、湿度に関する種々の問題を検討するために、日本計量機器工業連合会を事務局として発足した懇談会であり、それを引き継ぐ形で、1992年5月に湿度標準供給技術研究会ができ、すぐに活動をはじめた。それまで計量法による検定制度がなかったことをみてもわかるように、基準器は何か、持回る機器は何かという基本的な問題から議論を始めなければならなかった。

湿度標準供給技術研究会は1996年2月の段階で、すでに第21回目の会合をもち、小林寿太郎先生（元気象研究所 所長）を座長とし、計量研究所、日本計量士会、湿度計・湿度センサのメーカ、環境試験機器メーカ、気象測器メーカ、オブザーバなどを含めた約20名の人員で構成され、事務局は日本計量機器工業連合会にある。

2-2-2 持回り試行

これまでは、湿度に関して持回り比較を行った結果についての報告書を見たことがなかったが、カリフォルニア州にある6つの研究所や会社の間の話合いによって、1992年に露点計と通風乾湿計をトランスファ計器としたラウンド ロビン テストが、NIST（アメリカ国立標準技術研究所）を基点として行われたという資料が手に入り、それを基にして湿度標準供給技術研究会で持回りについての検討を始めた。日本でもこれを参考にして持回り比較を行う必要があるという意見、国内で持回り比較を試行した結果をみて、はじめてトレーサビリティー制度に向けての具体的な取り決めができるという意見などによって、1993年11月より第1回の持回り試行を開始した。露点計2台（米国製及び日本製）を持回り計器として、恒湿発生装置、または恒温恒湿槽を20℃で、20、30、40、60、80および90%RH に調湿した時の露点を測定するという形式で行った。結果として、露点計を用いる持回り比較が可能であることが明らかになった。また、恒温恒湿槽は系統的な湿度値のずれ、分布などがあるので、別に検討することにした。2回目の試行は、分流法による恒湿発生装置を持っているメーカ5社に、日本計量士会と計量研究所を加えて行った。前回と同じ露点計2台を用い、1994年6月より開始し、9月の初めに終了した。

2-2-3 現状

分流法による恒湿発生装置の結果は、当初の予想よりもばらつきがやや大きく出たので、装置に使われている計器の校正方法、湿度計算に対する補正の扱い方などを検討した。

現在、標準供給の方法の検討と認定事業者の校正マニュアルのモデルの作成が進められている。前者については、計量研究所の湿度発生装置を特定標準器とすること、指定校正機関を設けることなどが予定されているが、まだ確定はしていない。後者については、実情に合わせていくつかの異なる標準の維持方法を認めることが検討されており、認定事業者の技術能力の確認は、持回り測定によることが予定されている。

2-3 外国における動き

2-3-1 国際間の動き

キログラム原器の国際比較には、浮力の補正に係わる湿度測定が必要であり、国際度量衡委員会の下にある CCM（質量関連量諮問委員会）で湿度の国際比較の話が1993年に始まった。その時は NPL（英国物理学研究所）が世話役に決まっただけであったが、翌年7月にイタリアのIMGC（コロネッティ計量研究所）で、NISTのDr.Fuangが議長となって、湿度に関する臨時作業部会が開かれ、はじめて、主要な国立の標準関連研究所の湿度の専門家が集まって話合いを行った。ここで、各国の湿度標準に関する情報交換が行われ、EU（ヨーロッパ連合）内で露点計を使用するラウンド ロビン テストの計画、アジアその他の地区への同様な計画の拡張、国際シンポジウムの開催予定などが議論された。

この作業部会開催の発端は天秤内の湿度測定の問題にあり、国際比較は人間が生活する環境条件での、統一された、正確な湿度測定を趣意にしていたが、実際に湿度の専門家が集まって話し合った結果、露点計で国際比較をすることになり、湿度範囲はかなり広げられるようである。また、CCM には他に作業部会が多いということと、温度測定に基づく露点計を使うということが理由と思われるが、CCM から CCT（測温諮問委員会）の作業部会に変更されたそうである。

以上のように、湿度の標準に関しては、国際間での話し合いが始まったところである。

2-3-2 米　国

米国では以前からNBS で校正された標準器を基に、校正業務を行う軍関係や産業界の研究所・機関があった。特に宇宙開発に力を入れた1960年代の初めには、宇宙開発に関連した業界で「Traceability of calibration to NBS（NBSへつなげよう）」という標語の下に、すべての計測器の校正がNBS の標準

につながるようなシステムによって、生産性を向上させ、製品の安全性や耐久性を確保しようという動きが起こった。それ以後トレーサビリティー（traceability）という用語が使われ始めて、世界中に広がっていった。

しかし、ヨーロッパにおける認証制度の確立やISO 9000シリーズなどへの対応は遅れ、1992年になってから公的な認証機関としてNVLAP（National Voluntary Laboratory Accreditaion Program）が設立され、校正事業者の認定に当たることになった。しかし、それ自体で技術的な指導力を持っておらず、技術審査は外部の専門家に依頼している状態である。実際には、NISTの中にProgram Officeという担当部門が作られ、主な分野ではすでに活動が始まっている。

湿度に関しては、秤量法を基礎標準とし、二圧力・二温度法による発生装置を備える標準の流れは日本より以前に、NBSで確立している。認定制度としては、1995年内に認定を始めると聞いていたが、まだ詳しい情報は入っていない。ただ、NISTの湿度の専門家とProgram Officeの担当者との話し合いで、すでにNIST humidity calibration laboratory accreditation programが作成されており、その中で、認定事業者になるための基準として、次のような７項目が決められているという情報を得たが、まだ正式な文書にはなっていない。

① 参照；ISO/IEC Guide 25、ASHRAE STANDARD、US National Standard.
② 前提；校正標準が二圧力法または二温度法による恒湿発生装置である場合には、温度および圧力の標準となるべきものが必要で、その他に露点計用の電気抵抗測定装置を備えること。
③ 職員；担当者の1人は数学と一般物理の素養があり、気体中の水分測定に関する知識を持っていること。
④ 設備と環境；空気が清浄で、振動が少なく、特に露点計の校正のために結露しないような温度管理を必要とすること。
⑤ 装置と標準物質；恒湿発生装置。望まれている精度の測定に対して充分に正確な湿度測定装置、圧力測定装置、流量測定装置および電圧、電流、抵抗測定装置。蒸留水または純水。
⑥ トレーサビリティーと校正；温度および圧力の標準はNISTにトレーサブルであること。参照標準として露点計と乾湿計が用いられる場合には、それらがNISTによって評価されていること。
⑦ 校正方法；測定や分析に使用するコンピュータ計算用プログラムはすべて文書化すること。別に、露点計、露点センサ、相対湿度センサ、および乾湿計を校正する場合のそれぞれの規定が記述されている。

2-3-3 英　国

英国のトレーサビリティー制度はNAMAS（国立計測認定サービス）といわれ、1985年に発足しているのは周知のことであるが、湿度もその中に加わっている。

NAMAS CONCISE DIRECTORY（August 1990）によると、湿度はField 12に属し、Sira Test and Calibration Centreを含む4機関が、湿度のNAMAS Calibration Laboratoriesとしてリストアップされている。

Sira Test and Calibration Centreから発行された校正証明書によると、「NPL（UK）へトレーサブルであることが証明されている」という文章があるので、NPLが湿度の認定制度の中心になっているのは確かであるが、NISTが作成しているような認定事業者になるための基準については、まだ調査していない。

2-3-4 ドイツ

ドイツのトレーサビリティー制度はDKD「Deutscher Kalibrier Dienst（ドイツ校正サービス機関）」といわれ、連邦経済省とPTB「Physikalisch-Technische Bundesanstalt（連邦物理工学研究所）」との間の長期にわたる折衝と準備を経て、1977年に設立された。

湿度におけるDKD認定の判断基準はまだ調査をしていないが、一般的な判断基準として、

① 高精度で校正ができる機器、設備、標準室などの所有
② 参照用標準器および測定方式の国家標準へのつながり
③ 校正および測定に対するPTBの同意
④ スタッフの技能、経験および信頼性
⑤ 標準室の確実な維持

などを挙げているので、湿度もこれに準じていると考えられる。湿度分野で認定を受けているのは、現在の段階では1社のみで、そこではほとんどPTBと同程度の恒湿発生装置、計測機器などを所有しており、湿度に関する知識の豊富なスタッフが湿度部門を担当しているということである。

2-3-5 フランス

フランスでは長い間、試験研究所に対してはRNE（国立試験組織）、校正研究所に対してはBNM-FRETAC（国立計量局－フランス校正認定サービス機関）で行うという認定システムを持ってきた。証明の分野では、農産物及び食品の証明事業団体に対しては、関係官庁の承認手続きがあり、工業製品のためにも同様な手続きがあった。また、品質保証システムであるAFAQ（フランス品質保証協会）が国内認定システムを設立した。

物理量のそれぞれの分野に対して、1次研究所、公認校正センター、及び資格を与えられた計量サービス部門に分けられ、図５のような校正系列を作っていた[9]。

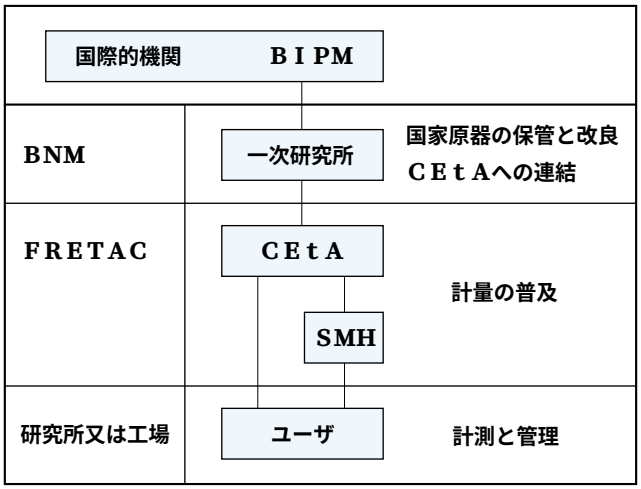

図５　校正系列

図５の中で2つの水準 CEtA（公認校正センター）およびSMH（資格を与えられた計量サービス部門）は認定の対象となり、BNM-FRETACのスタンプを押して、校正証明書を発行する。

以上のような重複した認定システムを国際的要求との連携において統一すること、および法定資格があり、公明正大であると証明する仕事を国際レベルで行うことを目的として、1994年7月にCOFRAC「Comite Francais d'Accreditation（フランス認定委員会）」が設立された。

COFRACの任務は市場に、特に消費者に対して、発行された文書の正当性を保証する任務を持ち、標準および認証に関連して刊行されたヨーロッパや国際的文書によって、規定される要求に合致させること、また国内および国際レベルで、品質の向上のために重要な要素を組織化することである。

湿度は国立計量研究所であるCETIAT（空調工業技術センター）が担当しているということである。1993年に「湿度計の校正と検定」という勧告が、国立航空・宇宙局によって承認されており、その中では、湿度の基準となる秤量法や恒湿発生方法について説明し、一般的な校正方法や装置を述べ、さらにガイドとして乾湿計、露点計およびその他の湿度計についての校正方法を加えている。

湿度測定のための一次的方法は《質量》系列につながる天秤の使用の上に、実際は置かれる。しかし、実現のための費用と天秤の機能を考慮して、BNMは安定度の高い《二温度法による》循環式湿度発生装置および超高機能（高精度、長期安定性、高堅牢性）の鏡面式露点計を適用することが望ましいと評価した。この実現は、ビェイユーバンにあるCETIATに委ねられた。

湿度測定に関するCETIATの校正センターは、1980年以来BNMの承認を受け、その指導センターとしての任務によって湿度測定の国家標準を保持し、改良すること、および校正センターとしての任務によって工場と研究所のために湿度測定における連結と校正を保証することという二重の使命を持っている。後者の任務のために、1994年1月には湿度計校正装置を作った。その校正範囲は、−60℃〜＋70℃である。露点標準は、NISTと鏡面式冷却露点計を介してつながっている。

微量水分の分野（超低霜点）では、エールリキッドが低霜点（−100℃まで）の装置を開発して、CETIATの可能性を補っている。これは水で飽和された気体を乾燥気体で希釈するものである。

露点温度の校正範囲（−100℃〜＋70℃）および湿度計の校正能力はフランスの《湿度測定》の校正系列が、国際的水準にあることを示している。この系列に参加する研究所はCETIATと国立試験研究所であり、資格を与えられた計量サービスはエールリキッドと推進試験センターである。

2-3-6 その他

(1) イタリア

IMGCが国家標準機関となり、二温度法による恒湿発生装置を標準器とし、NPLで校正された精密露点計を比較用標準器としている。

(2) ポーランド

COM（ポーランド中央計量局）が国家標準機関となり、独自に開発した定露点発生装置を国家標準器とし、精密露点計および二圧力法による恒湿発生装置を二次標準器としている。

(3) ロシア

VNIIM（メンデレーフ計量研究所）が国家標準機関となり、露点および霜点発生方式による恒湿発生装置を国家標準としている。校正には半導体用微量水分測定器、低温または気象用恒温槽、および恒湿発生装置を組み合わせて使用している。

(4) 中国

NRCCRM（国立標準物質研究センター）が秤量法による湿度の絶対測定装置を保有しており、これが国家標準となっている。二次標準としては二圧力法および二温度法による恒湿発生装置、標準乾湿計、精密露点計を使用している。

(5) 韓国

KRISS（韓国標準科学研究所）で秤量法による湿度の絶対測定装置、二圧力・二温度法および霜点法による恒湿発生装置を試作し、精密露点計を保有している。

(6) シンガポール

市販の二圧力・二温度法による恒湿発生装置を保有し、認定制度が採られている。

[参考文献]

1) A. Wexler and R. W. Hyland：The NBS Standard Hygrometer, NBS Monograph 73, (1964), 1-35.
2) 高橋千晴、稲松照子：秤量法による湿度絶対測定装置の試作、応用物理、53, 5, (1984), 439-444.
3) J. A. Goff and S.Gratch：THERMODYNAMIC PROPERTIES OF MOIST AIR, Trans. ASHVE, 51, (1945) 125-164.
4) L. Greenspan：Functional Equations for the Enhancement Factors for CO_2-Free Moist Air, J. Res. NBS, 80A, 1, (1976), 41-44.
5) 稲松照子、高橋千晴： 精密な恒湿発生装置の試作、応用物理、53, 3, (1984), 249−256.
6) 小池昌義、今井秀孝：計測における不確かさの評価と表記の方法 −ISO不確かさ表現のガイドを中心に−、計測と制御、34, 8, (1995), 646-653.
7) R.G.Wylie ：Psychrometric Wet Elements as a Basic for Precise Physico- Chemical Measurements , J. Res. NBS, 84, 2, (1979), 161-177.
8) ISO/DIS 4677/1 Atmospheres for conditioning and testing −Determination of relative humidity− Part 1： Aspirated psychrometer method.
9) F. Suder ：La chaine hygrometrie du BNM-FRETAC et ses possibilites,bulletin du bureau national de metrologie, 25, 98 (1994) 7-9.

技術レポート 2

切り花の鮮度保持システム

大下　誠一*1・是枝　一春*2・中村　謙治*3

我々がアグリビジネスとして取り組む分野には、農産物などの生産を行うところから、消費者へそれを届けるところまでの幅ひろい領域がその対象として含まれている。植物工場などの次世代の農業生産の一翼を担うシステム開発もその一環であるが、そこで生産された農産物などの流通に関するテーマも、その収穫した状態をいかに維持して消費者に届けるかということで重要なテーマである。
今回、農産物の鮮度保持というテーマについて、切り花を対象として取り組んでいる内容についてレポートする。この開発は、現在、東京大学大学院 農学生命科学研究科 大下助教授、株式会社 第一園芸プランテック 富士小山農場と当社の共同研究として取り組んでいるものであり、その成果の一部についてここで紹介するものである。

1. はじめに

農産物をその収穫した状態でできるだけ長く維持し、流通させ消費者に届けるための取り組みは、古くから行われており、低温環境の利用が広く行われている。切り花についても例外ではなく、切り取った花を低温環境を利用して少しでも長く鮮度を維持させることが一般に行われている。また最近では低温に高湿度環境を組み合わせたりすることも行われている。今回我々は、農産物の生体内の水の制御による鮮度保持という、今までとは異なった新しい技術を用いての鮮度保持技術の開発を、農産物の中でも品質劣化が早く、鮮度保持効果が大きく期待される切り花を対象として行っている。

2. 切り花の鮮度保持技術

近年の生活レベルの向上、豊かさやゆとりを求める志向が強くなっていることから、花卉（かき）の市場も拡がりをみせており、切り花の需要も伸びてきており、その鮮度保持の関心も高まってきている。

収穫された切り花は、根や葉からの養分補給ができないので、体内の糖などの養分を呼吸基質として消費し、生活作用（呼吸）を営んでいる。この呼吸作用に伴って発生する呼吸熱が切り花の温度を上昇させ、それがさらに呼吸作用その他の生理反応を促進させている。特に、夏場などの高温期に出荷する切り花は、品温が上昇して「むれ」が発生し、それに伴う葉の黄化などにより急速に品質が低下する。また、切り花では呼吸時の生理的な水分放出や表皮などからの物理的な水分の散逸により、「しおれ」が発生する。この「しおれ」は、水揚げによってある程度回復が可能であるが、「しおれ」が激しくなると吸水不良で商品性が低下してしまう。さらに呼吸作用によって成分が消耗したり、蒸散作用によって水分が低下したりすると微生物に対する抵抗性が失われ、特に折れるなど物理的な損傷を受けたりすると、そこから腐敗することになる。

また、切り花の多くは、「しおれ」が発生する際に多量にエチレンを生成することが知られており、エチレンが花の「しおれ」や落花を促進することが知られている。

このように切り花においては、収穫後の呼吸抑制と蒸散抑制、微生物汚染とエチレン発生を抑制することが重要な課題となっている。

これらにの対策としては、上記４つの因子に共通して効果がある方法として低温環境（0～10℃くらい）に切り花を保つことで、生理活性を抑え鮮度を保持することが今日的に一般的方法として広く用いられている。切り花を 0～5℃の低温に保持することで、特に呼吸作用が抑制される。また蒸散に対しては、切り花の湿度を保つように包装した状態にしておく等の方法がとられたりしているが、最近では、90%RH 程度の高い湿度環境と低温環境を組み合わせて呼吸と蒸散を抑制する方法がとられ、その装置化もなされている。さらに微生物汚染やエチレン発生の抑制には、前者では切り花をSTS 剤（Silver Thio Sulphate）などのエチレン生成阻害剤などで処理したりする化学処理が、後者では緑色凝灰岩などのエチレ

*1 東京大学大学院 農学生命科学研究科　*2 株式会社 第一園芸プランテック　*3 環境開発部　アグリシステムグループ

ン吸着機能をもった物質を利用してのその吸着や、オゾン等を利用したエチレン分解などの処理技術が実用化され、低温・高湿・薬剤処理・エチレン除去の4つを単独または組み合わせることによって、切り花の鮮度保持が図られている。

3. 無極性ガスを用いた鮮度保持技術の基礎

今回取り組んでいる方法は前述とは異なり、切り花の鮮度保持に係わる因子として、それを構成する細胞内の水に着目し、この水の構造化の促進（細胞内の水に溶けた状態で存在する基質の移動速度を低減することにより、生化学反応の大部分を占める酵素反応を抑制する）を促すところに大きな特徴がある。

ある温度および圧力の下で無極性ガス（電気双極性を持たない分子のガス）が水に溶解すると、水素結合した水分子の三次元構造の空孔に無極性ガス分子が閉じ込められた状態になる。この結晶構造を持つ化合物を気体水和物又はクラスレート水和物と呼ぶが、これは水分子が無極性ガス分子の周りに再配向して疎水性水和が生じ、水が構造化した結果の産物である。クラスレート水和物にはⅠ型とⅡ型があり、無極性ガス分子の大きさによってⅠ型あるいはⅡ型に分かれる。無極性ガス分子の直径が0.55nmより小さい場合にはⅠ型の構造をとる。図１にⅠ型のクラスレート水和物の結晶構造を示している。

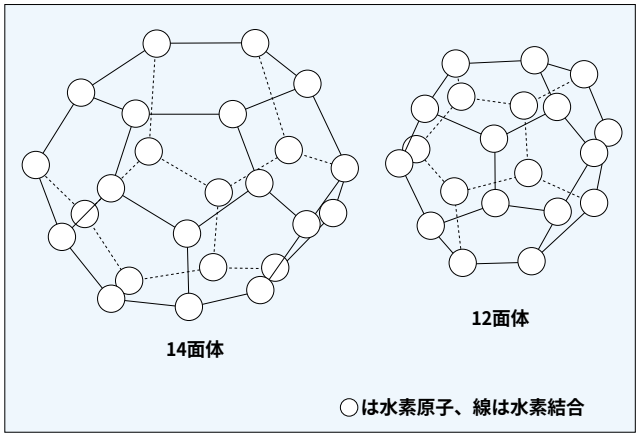

図１　クラストレート水和物（Ⅰ型）の結晶構造

今回の実験では無極性ガスとして、キセノン（Xe）ガスを使用しているがそれを例にとれば、分子のファンデルワールス直径*4が0.43 nm であるのでⅠ型の構造になる。クラスレート水和物の組成は$8Xe.46H_2O$ であり、5角12面体の空孔中に2個のキセノン分子が、14面体中には、6個のキセノン分子が配置される。

結晶にみられる水和殻*5が溶液中でも存在するという実験的な証拠はないが、分子動力学計算による水溶液の研究によれば、無極性ガスの溶解により、水素結合した水分子集団が増加することがわかっている。すなわち、水の構造化が促進されたことになる。

以上のように、細胞内水の構造化のためには、無極性ガスを溶解させれば良い。一般に無極性ガスの溶解度は極めて小さいので、疎水性水和*6により構造化を図るにはガス分圧を高める必要があるが、これを大気中に戻せば溶解したガスは抜けて残留しないという特徴を有している。この特性に着目し、これを切り花の鮮度保持に応用しようというのが今回の取り組みである。

4. 水の構造化

水の構造化を検証するために、蒸留水にキセノンガスを溶解させた溶液と蒸留水だけのものを試料とし、NMR スペクトル（核磁気共鳴周波数）を測定した結果を図２に示している。上段はキセノン溶液、下段は蒸留水のスペクトルである。横軸の目盛りはppmであり、化学シフトを示している。試料は試験管にそれぞれの溶液を封入して5℃で測定した結果であり、この時のキセノンガス分圧は0.76MPaであった。

蒸留水のスペクトルは線幅が狭いのに対し、キセノンガスを溶解させた溶液では液体状態であるにもかかわらず線幅が広い。プロトン共鳴線*7の線幅はpHの影響を受けないので、線幅の違いは蒸留水とキセノン溶液とで緩和の機構が異なっていることを意味している。

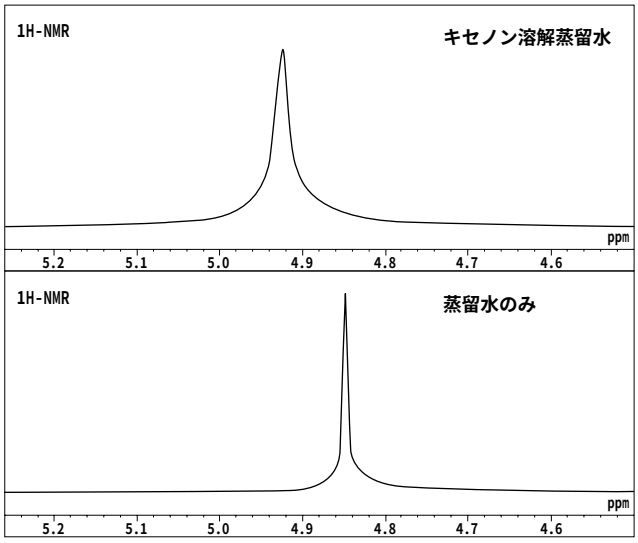

図２　NMRスペクトル

また、水素結合の生成によって、結合プロトンの共鳴線は低磁場にシフトすることが知られており、キセノン溶液のスペクトルはこれにあてはまるといえる。キセノンガスが水に溶解すると、その周囲で水素結合した水分子集団が増加するという分子動力学計算によるシミュレーション結果が報告されていることから、図２の結果はキセノン溶液において水が構造化したことを示すものと考えられる。

＊4 ファンデルワールス直径
ファンデルワールス力は原子または分子間に働く引力および斥力であり、原子や分子が相互にどれだけ近づけるかを決める。もし原子または分子が剛体球（非圧縮性）であるとすると、斥力はある原子（分子）間距離で急に無限大となる。この原子（分子）間距離の半分がファンデルワールス半径である。ファンデルワールス直径はその2倍。

＊5 水和殻
クラスレート水和物の結晶に見られる水分子の水素結合で形成されたかご型の構造。

＊6 疎水性水和
疎水性分子や疎水基のまわりで水の構造性が発達した状態。

＊7 プロトン共鳴線
核磁気共鳴（NMR）装置で磁場中においたプロトンを含む試料に電磁波を照射すると、ある周波数で電磁波のエネルギーを吸収（共鳴）して、プロトンのエネルギー状態が遷移する。このとき観察されるスペクトルを共鳴線と呼ぶ。

5. 切り花鮮度保持実験

4項の基礎的知見をもとに、切り花の保存について実験した事例を示す。

5-1 実験目的

キセノンガスを切り花体内の水に溶解させて水の構造化を図ることにより、切り花の呼吸代謝の抑制効果について確認することを目的とした。保存形式は、切り花への水供給を絶って保存する「乾式保存」とし、保存後の切り花の呼吸量を測定した。

5-2 試料容器及び方法

キセノンガスを溶解させて水の構造化を図るために、試料容器には内容積2140ml（内径130mm、高さ160mm）のステンレス製の耐圧容器を用いた。写真１に耐圧試料容器と二酸化炭素計を示す。試料容器には、ガス導入バルブ、ガス排出バルブ、圧力指示計及び耐圧ガラス製覗き窓が装備されている。これらの試料容器を恒温器内に静置して所定の保存温度に保った。

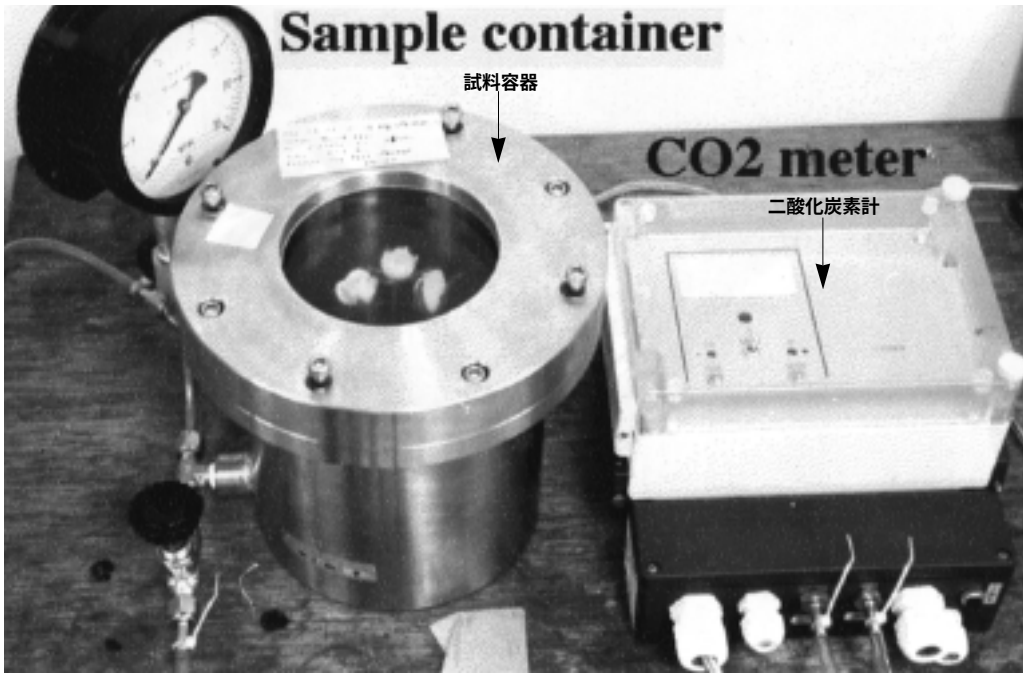

写真１　切り花の鮮度保持実験容器

5-3 試料及び保存条件

試料にはミニバラ（ルシオラ（黄色）及びイサ（白色））を用いた。試料は、第一園芸プランテック研究農場にて栽培、収穫されたもので、収穫日の翌日に入手して実験に供した。実験区はキセノン区と対照区とした。キセノン区は、大気圧の空気で満たされた圧力容器にバラ試料を入れた後密封し、試料容器のガス導入バルブを介してキセノンガスを0.25MPaの分圧まで圧入した。また、対照区は、大気圧の空気で満たされた試料容器にバラ試料を入れて密閉した。いずれの実験区とも試料容器ごと恒温器に入れ保存温度を2℃（275K）に設定し、水の供給を絶った状態で18日間保存した。保存終了後は、両実験区の試料とも、直ちに茎を切断して水を供給し、15℃（288K）の恒温器内に静置し、試料容器内のCO_2濃度を測定した。このとき、キセノン区及び対照区の試料の質量は、それぞれ8.35ｇおよび7.83ｇであった。

5-4結　果

図３に保存後水を供給して15℃(288K)に保ったときの、累積二酸化炭素量を試料１kg当たりの質量(mg)で示した。□印はキセノン区で保存した試料、○印は対照区で保存した試料の呼吸量を示す。図から明らかなように、キセノン区で保存した試料の呼吸量は対照区の試料よりも常に低く、その差は時間の経過と共に増大した。このことは、キセノン区で保存した試料には保存容器から取り出した後も水の構造化の効果が残っており、そのために呼吸代謝が抑制されたものと考えられる。さらに花の色・艶・開き具合ともキセノン区で保存した試料の方が良好であった。

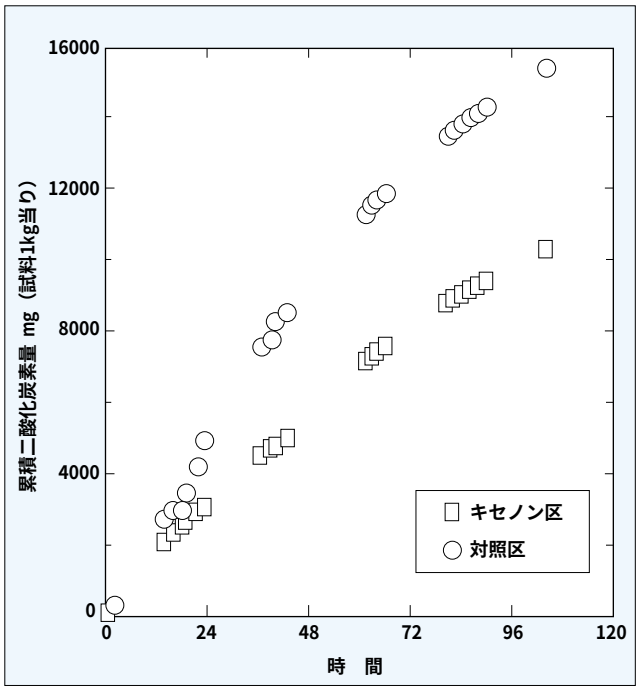

図３　キセノン保存後の積算呼吸量（CO_2）の経時変化

6.　切り花鮮度保持システム開発への応用

これまでの所見から、無極性ガスを用いての切り花の鮮度保持が可能なことが示唆されたが、実際の流通過程におけるシステム開発への応用面について述べたい。

上記の結果では、無極性ガス下で切り花を保存することにより、通常の環境下に出した後も日持ちがし、「しおれ」が生じるまでの期間が長くなるため、長期間の鑑賞が可能になるという利点がある。特に高価な花弁(かべん)をアレンジメントした花束等では大きな価値を生み出すことが可能となる。また、収穫した切り花を貯蔵する部分でも従来の鮮度保持方法と比較して、長期間の保存が可能となるため、出荷時期調整など流通面での効果も期待できる。例えば、流通過程において、生産現場からフラワーショップまでの間をこれを利用したシステムを用いると、これまでにない新しい切り花の鮮度保持流通システムの構築が期待できる。さらに、切り花以外の農産物への応用も期待できるものである。

[参考文献]

1）大下誠一、山岡直人、橋本淳：細胞内の水の構造化による植物細胞の保存に関する研究、第52回農業機械学会年次大会講演要旨、P449－450、(1993)
2）大下誠一、他：水の構造化による農産物の貯蔵（第1報)、(第2報)、農業機械学会誌投稿中
3）S.OSHITA,A.RAHMAN,Y.KAWAGOE,Y.SEO,K.KOREEDA,K.NAKAMURA：STORAGE OF CUT FLOWERS BY MAKING INTRACELLULAR WATER STRUCTURED：INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON　AUTOMATION AND ROBOTICS IN BIOPRODUCTION AND PROCESSING, (1995)
4）鈴木啓三：水および水溶液, 共立出版, (1982)
5）H.TANAKA AND K.NAKANISHI：HYDROPOBIC HYDRATION OF INERT GASES,J.CHEM.PHYS.95 (5), 3717-3727, (1991)

TOPICS

サーモレコーダーの活用事例ご紹介

榎　浩之*

本文の内容は、株式会社流通システム研究センター発行の月刊フレッシュフードシステム（Vol.25　No.333 1996）に掲載した記事「流通における温湿度履歴管理」を要約したものです。

1.　はじめに

昨年7月のPL（製造物責任）法の施行、ISO 9000シリーズの認証取得ブームなど品質管理に対する要求が高まっています。

一般的に、設計段階で確保された品質も、生産段階から流通段階を経て消費段階と、段階を経るごとに目が届きにくくなってきます。これは生産段階から消費段階までの長い時間と距離が大きな要因としてあげられます。しかも、この段階のどこか一ヶ所でも管理が悪く、いったん非安全になると元の安全状態に戻すことは不可能か難しいのが実情です。

ここでは、タバイエスペック製のサーモレコーダーを使った、流通段階における温（湿）度管理方法の活用事例をご紹介します。

2.　流通段階における温(湿)度管理の課題

商品を輸送する場合、それぞれに適した温（湿）度管理を行う必要があります。

たとえば、冷凍食品では工場出荷されてから消費者に販売されるまで－18℃以下の低温流通が要求され、医薬品なども、温度管理が重要となっています。

これらの内容をふまえ、流通段階では次のような課題があります。

①保　存

・貯蔵庫や倉庫内の保存場所や商品の積み方による温度むら。
・設定温度と商品温度との差異。
・温（湿）度調節機能のない貯蔵庫や倉庫での、昼夜や季節による温（湿）度差。

②輸　送

・保冷トラックの場合、時間の経過に伴う庫内温度上昇。
・冷凍トラックでは、風の当たりにくい中央部での温度維持。
・トラックの扉の開閉による、温度上昇（特に夏場）。
・保冷ボックスや冷却剤の効果。
・新規輸送ルートでの温（湿）度維持。

③販 売

・店舗倉庫に仮置きされている間の温度上昇。
・小売店での温（湿）度管理。

また、実際に確認を行おうとすると、次のような問題があり、管理の重要性を認識しつつも、実施できていない場合が多いようです。

・電源の確保や配線が大変で実用的でない。
・機器が大きく、輸送の邪魔になる。
・実施コストが高い。
・機器の操作が難しく人に依頼できない。
・紙で記録しているためデータの信頼性に欠ける。後のデータ処理が大変である。

3.　サーモレコーダーを用いた温（湿）度管理

当社の温（湿）度タイプのデータロガー「サーモレコーダー」を使うと、流通段階での温（湿）度変化の履歴を手軽に把握することができます。

サーモレコーダーの外観および仕様は次のとおりです。

写真1　RT-10 / RS-10の外観

＊環境開発部 アグリシステムグループ

表1 サーモレコーダーの仕様

型　式	RT-10（温度タイプ）	RS-10（温湿度タイプ）
基本機能	温度の測定と記憶	温度と湿度の測定と記憶
測定チャンネル数	温度２チャンネル （内蔵1ch.,外部2ch.から2つを選択）	温度1チャンネル / 湿度1チャンネル （温度は外部、内蔵各1ch.からいずれかを選択、 湿度は外部 1ch.のみ）
測定範囲	外部温度センサ：－40～＋110℃ 内蔵温度センサ：－10～＋60℃	付属温湿度センサ　温度：0～＋50℃ 湿度：10～95％RH 内蔵温度センサ　温度：－10～＋60℃
測定精度	温度：typ.±0.3 ℃（－20～＋80℃） typ.±0.5 ℃ （－40～－20℃ / ＋80～＋110℃）	温度：typ.±0.3（－20～＋80℃） 湿度：±5％RH （25℃ / 50％RHにおいて）
測定可能期間	約90日（乾電池の寿命により制限されます）	
本体寸法／重量	W88×H55×D24 mm / 約95g	
付属品	・外部用温度センサ　600mm　2本 ・パソコン用専用ソフト （仕様は表2参照） ・パソコン用接続ケーブル ・乾電池、取扱説明書　等	・外部用温湿度センサ　1000mm　1本 ・パソコン用専用ソフト （仕様は表2参照） ・パソコン用接続ケーブル ・乾電池、取扱説明書　等
価格	24,800円	29,800円

表2 パソコン用専用ソフトの仕様（RT-10･RS-10共通）

表示チャンネル数	8チャンネル（4台×2チャンネル分）同時表示可能
測定記憶データ	グラフ、表、最高最低値、平均値（いずれもプリントアウト可能）
ファイル出力機能	データのテキストファイルへの書き出し機能
対象パソコン	・MS-DOS版（PC98シリーズ及び互換機用） ・Windows3.1版（PC98シリーズ及び互換機、DOS / V 用） ＊MS-DOS及びWindowsはマイクロソフト社の登録商標です。 PC98シリーズは日本電気株式会社の商標です。

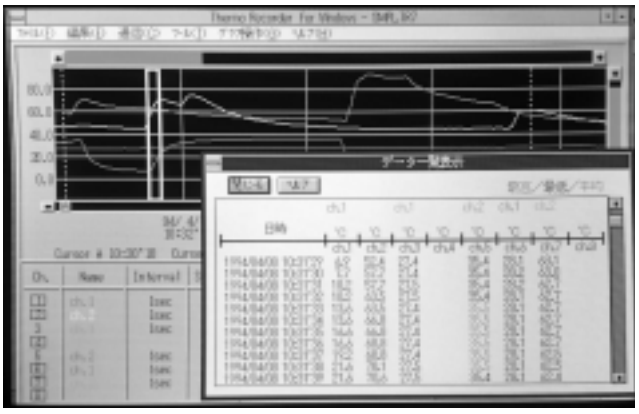

写真2 専用ソフト（Windows版）によるグラフと表データ

基本機能は温（湿）度の測定と記憶で、次のような特徴があります。

- 単4アルカリ電池で動くため、面倒な電源の確保や配線の必要がない。したがって、荷物の積み下ろしや作業の邪魔にならない。
- ポケットサイズでコンパクトである。
- RT-10タイプで24,800円（専用ソフト含む）と安価である。
- パソコンと専用ソフト（標準添付）を使えばグラフや表で表示が可能である。
- 簡単に操作できるので、誰にでも依頼できる。

図１（次ページ）に示す流通段階の温（湿）度管理をはじめ、次のような用途に活用されています。

- PL対策から一歩踏み出して、輸送時の温度履歴をユーザに提示、信頼を得ると共に他社との差別化を図る。
- 野菜の流通段階の温度と品質の関係を調べるために使う。
- 海外からの原料調達、もしくは輸出時の温度管理等に使用する。
- 冷蔵庫等が冷えないといったクレームに対する事実確認用に使用する。

それ以外にも、次のような用途で利用されています。電話交換機の温（湿）度管理、アグリ分野での温室内の温（湿）度管理や、バイオ研究での培養器内の温度管理など様々な用途で利用されています。

活　用　事　例

・ある商品をトラックで空港まで輸送、積み替え後、飛行機で大阪から北海道まで輸送した時の温度モニタ結果です。
・グラフから、トラック輸送時、積み替え時、販売前の倉庫保管時に温度上昇していることがわかります。
・たとえば、トラック輸送時の温度上昇に問題のあることがわかれば、扉の開閉時間を短くする、カーテンで温度上昇を防止するなどの対策をとることができます。

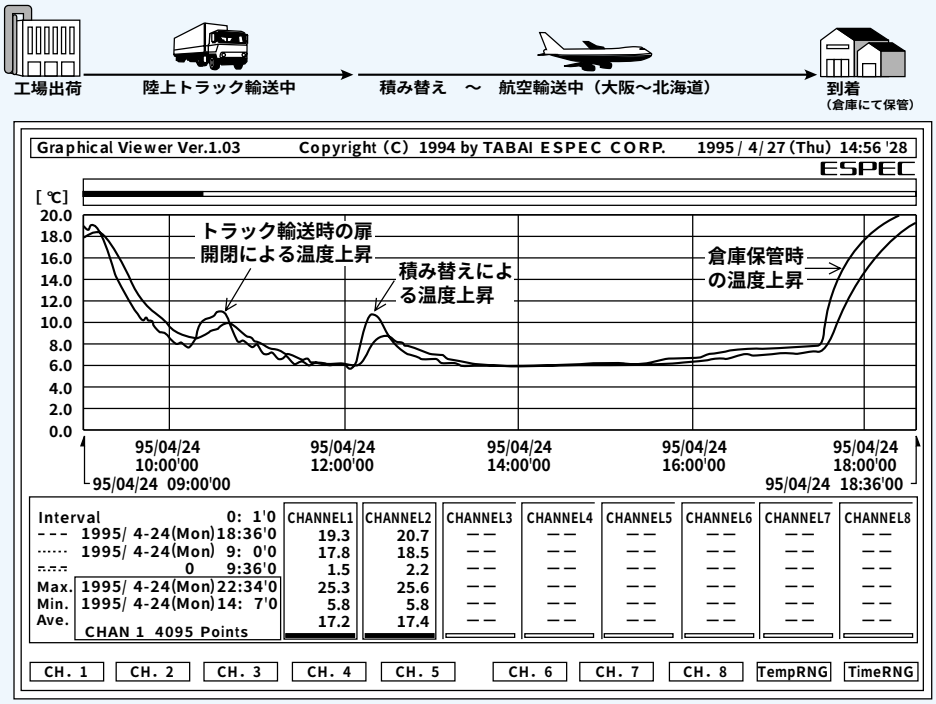

図1　サーモレコーダーの活用事例

4. 終わりに

今後もますます高まる温(湿)度管理へのニーズに答えるべく、今年6月に内蔵温度センサ1点タイプのデータロガー「サーモレコーダーミニ」を発売しました。

写真3 サーモレコーダーミニ

サーモレコーダーミニには、次のような特徴があります。

・防浸構造
梅雨時の高湿雰囲気や結露、水濡れのする環境でも使用できるように本体構造を防浸型(JIS C 0920 7級相当)としています。
・使用温度範囲の拡大
冷凍輸送では−18℃以下、マグロの冷凍輸送では−35℃といった低温雰囲気でも使用できるように、本器の測定範囲を−40℃～+80℃としています。
・低価格
計測記憶本体(サーモレコーダーミニ)とデータ処理部(ミニベース)が別売で、計測記憶本体価格を12,800円とし、さらにお求めやすい価格としました。

流通段階では温度や湿度以外にも酸素やエチレンといったガス濃度、PH、振動や衝撃といった様々な要因が単独もしくは複合して影響を与えます。現在、温度および温湿度タイプのデータロガーの販売を行っていますが、上記の各要因に対する商品のシリーズ化を進め、計測という分野で皆様のお役に立てればと考えています。

●お気軽にお問い合わせください。

サーモレコーダー及びサーモレコーダーミニについてのお問い合わせは、最寄りの各営業所にお申し付けください。

ESPEC 技術情報

・発行日……1996年7月1日発行（年4回発行）
・発　行……タバイエスペック株式会社
　　大阪市北区天神橋3-5-6

●本誌に関するお問い合わせは
タバイエスペック株式会社「ESPEC技術情報」編集室までお申し付けください。
TEL.06-358-4511　FAX.06-358-5505

・本誌からの無断転載、複製はご遠慮ください。

タバイ エスペック 株式会社

本　　社	大阪市北区天神橋3-5-6 〒530 TEL.06-358-4741代表	FAX.06-358-5500
首都圏本部	横浜市保土ヶ谷区神戸町134 〒240 横浜ビジネスパーク・ウエストタワー9F TEL.045-336-6400代表	FAX.045-336-6401
首都圏本部 東京オフィス	東京都千代田区神田須田町2-7 〒101 タームスビル2F TEL.03-3256-0881	FAX.03-3256-0882
仙　　台	TEL.022-234-4881	FAX.022-275-0561
大　　宮	TEL.048-643-1918	FAX.048-645-1597
筑　　波	TEL.0298-57-7355	FAX.0298-57-7320
日　　野	TEL.0425-84-2175	FAX.0425-84-2124
横　　浜	TEL.045-336-6410	FAX.045-336-6411
松　　本	TEL.0263-48-0401	FAX.0263-48-0410
静　　岡	TEL.054-237-8000	FAX.054-238-3441
名 古 屋	TEL.052-777-2551代表	FAX.052-777-2575
金　　沢	TEL.0762-60-8030	FAX.0762-60-8033
大　　阪	TEL.06-358-4746	FAX.06-358-5500
広　　島	TEL.082-231-8365	FAX.082-295-3248
新 居 浜	TEL.0897-41-3163	FAX.0897-43-1139
福　　岡	TEL.092-471-0932	FAX.092-474-3500
神　　戸	TEL.078-822-4645	FAX.078-822-4689
京　　都	TEL.075-315-1232代表	FAX.075-311-6305
滋　　賀	TEL.0748-72-5077	FAX.0748-72-5070
海外関連会社	ESPEC CORP.(U.S.A.) 上海愛斯佩克環境儀器有限公司(中華人民共和国) 広州愛斯佩克環境儀器有限公司(中華人民共和国)	

タバイ エスペック サービス 株式会社

本　　社	寝屋川市太間東町23-12 〒572 TEL.0720-34-1191代表	FAX.0720-34-7755
仙　　台	TEL.022-234-4881	FAX.022-275-0561
宇 都 宮	TEL.028-667-8734	FAX.028-667-8733
大　　宮	TEL.048-643-1918	FAX.048-645-1597
筑　　波	TEL.0298-57-7355	FAX.0298-57-7320
千　　葉	TEL.043-286-6020	FAX.043-286-6022
日　　野	TEL.0425-84-2175	FAX.0425-84-2124
東　　京	TEL.03-3752-8601代表	FAX.03-3752-8625
厚　　木	TEL.0463-94-9433	FAX.0463-94-6542
松　　本	TEL.0263-48-0401	FAX.0263-48-0410
静　　岡	TEL.054-237-8000	FAX.054-238-3441
名 古 屋	TEL.052-777-2551代表	FAX.052-777-2575
金　　沢	TEL.0762-60-8030	FAX.0762-60-8033
大　　阪	TEL.0720-34-1191代表	FAX.0720-34-7755
京　　都	TEL.075-311-8081代表	FAX.075-311-6305
滋　　賀	TEL.0748-72-8077	FAX.0748-72-5070
姫　　路	TEL.0792-22-8461	FAX.0792-22-8490
広　　島	TEL.082-231-8365	FAX.082-295-3248
新 居 浜	TEL.0897-41-3163	FAX.0897-43-1139
福　　岡	TEL.092-471-0932	FAX.092-474-3500

本誌は再生紙を使用しています。